

УДК 621.391.8

ФОРМИРОВАНИЕ ВИДЕОШУМОВЫХ КАДРОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИЩЕННОСТИ ВИДЕОСИГНАЛА ОТ УТЕЧКИ ПО ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ КАНАЛАМ

д-р техн. наук, проф. В.К. ЖЕЛЕЗНЯК, канд. техн. наук А.В. БАРКОВ
(Полоцкий государственный университет)

Предложено формирование видеошумовых кадров из хаотических импульсных последовательностей для обеспечения защищенности видеосигнала от утечки по электромагнитным каналам, которое реализует метод адаптивного маскирования статических видеокадров систем передачи и средств вычислительной техники формированием статического (неподвижного) видеошумового кадра. Исследовано количественное изменение защищенности видеокадра предложенным методом адаптивного маскирования статическим видеошумовым кадром. Эффективность метода маскирования синхронными и адаптивными видеошумовыми кадрами подтверждена исследованием количественного изменения защищенности видеокадра. Метод обеспечивает лучшее качество маскирования и исключает ухудшение отношения сигнал/шум по сравнению с динамическим пропорционально отношению \sqrt{n}/\sqrt{k} . Исследования подтвердили преимущества маскирования статического видеокадра синхронными видеошумовыми кадрами, которое по сравнению с динамическим шумом не позволяет выделить видеокадр, уменьшает его разборчивость и повышает защищенности видеосигнала.

Ключевые слова: технические каналы утечки, защищенность видеосигнала, синхроимпульс, маскирование видеосигналов, статический видеокадр.

Введение. Развитие методов и средств обнаружения и восстановления видеосигналов из шумов высокого уровня в каналах утечки информации (КУИ) определило обоснование разработки новых методов и средств обеспечения защищенности видеосигналов. Современные методы восстановления видеосигнала определяют направление развития методов его защиты от утечки.

Анализ средств маскирования выявил, что известные генераторы шума не формируют синхронных с передаваемым сигналом статических маскирующих помех для достижения положительного технического эффекта. Выявлены особенности маскирования сигнальных видеокадров шумовыми сигналами, которые показали, что изображение маскируется динамическим шумом менее эффективно из-за несинхронного его накопления [1, 2].

Реализация современных методов и средств защиты видеосигналов возможна разработкой адаптивных методов их маскирования для улучшения защищенности синхронным накоплением. Маскирование синхронными и адаптивными видеошумовыми кадрами затрудняет восстановление видеокадра синхронным накоплением, значительно снижает его четкость и улучшает защищенность видеосигнала [2].

В связи с возможностью восстановления видеосигнала в канале утечки и специфики его структуры целью данной работы является реализация формирования маскирующей помехи видеосигнала. В работе [3] предложен метод адаптивного маскирования статических видеокадров систем передачи и средств вычислительной техники формированием статического (неподвижного) видеошумового кадра для адаптивного маскирования статических видеокадров. Для защищенности видеосигнала от утечки по электромагнитным каналам, которое реализуется разработанным методом [3], исследованы преимущества адаптивного маскирования видеошумовым цветным кадром, количественное изменение защищенности видеокадра предложенным методом адаптивного маскирования статическим видеошумовым кадром при синхронном накоплении видеокадров.

Формирование видеошумовых кадров. Прикладное использование визуальной информации с цифровым кодированием видеосигнала, проецирование его на большие экраны с построением композитных видеокадров, сопровождение их звуковой информацией, широкое использование неподвижных видеокадров обусловили необходимость находить новые решения для обеспечения защищенности видеосигналов (видеокадров).

Известен ряд генераторов шума, например, генератор шума стационарный [5] для защиты помещений и объектов электронно-вычислительной техники от утечки конфиденциальной информации за счет побочных электромагнитных излучений компьютеров и другой оргтехники. Приведенный генератор и аналогичные ему не учитывают синхронность данных и не дают возможность формирования синхронных с сигналом статических маскирующих помех для достижения положительного технического эффекта. В связи с этим возникла задача разработать и обосновать на новых принципах обеспечение защищенности видеокадров синхронным и адаптивным видеошумовым кадром, его воспроизведение синхронно

с видеокадром в канале утечки. В качестве маскирующего предложен и обоснован сигнал хаотической импульсной последовательности (ХИП) [6], которая используется при формировании видеозумовых кадров для обеспечения защищенности видеосигнала от утечки по электромагнитным каналам.

Структурная схема технической реализации формирования видеозумовых кадров для обеспечения защищенности видеосигнала от утечки по электромагнитным каналам представлена на рисунке 1. Она демонстрирует взаимосвязь блоков, реализованных аппаратно и программно. Техническая реализация включает аппаратный генератор ХИП, измерительный широкополосный аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователь (АЦП/ЦАП) L-CARD E20-10, электронно-вычислительную машину (ЭВМ) (использован Notebook) с программным обеспечением формирования видеозумового кадра, широкополосный усилитель видеодиапазона, к которому подключено устройство, воспроизводящее видеозумовый кадр в канал утечки. В таблице 1 приведены для опции ЦАП основные технические характеристики измерительного широкополосного АЦП/ЦАП.

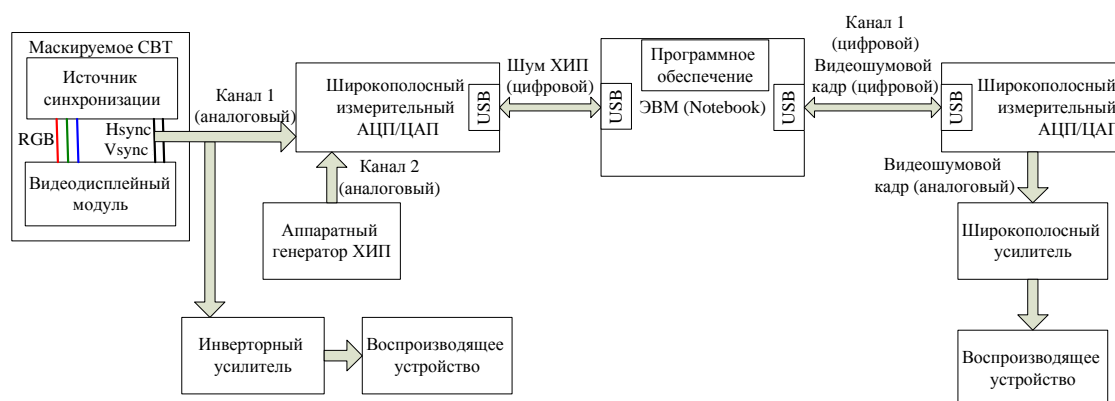


Рисунок 1 – Структурная схема технической реализации формирования видеозумовых кадров для обеспечения защищенности видеосигнала от утечки по электромагнитным каналам

Таблица 1 – Основные технические характеристики измерительного широкополосного АЦП/ЦАП (опция ЦАП)

Параметр	Величина
Количество каналов	2
Разрядность АЦП	12 бит
Время установления	8 мкс
Выходной диапазон	± 5 В

Компенсация синхроимпульсов в канале утечки реализована по синхроимпульсам маскируемого средства вычислительной техники (СВТ) (см. рис. 1, канал 1 – аналоговый) их противофазной подачей в канал утечки преобразованием инвертным усилителем, выход которого подключен ко входу воспроизводящего устройства.

Маскирование видеосигнала СВТ формирования видеозумовых кадров для обеспечения его защищенности от утечки по электромагнитным каналам (см. рис. 1) реализуется следующим образом. От исследуемого (маскируемого) СВТ подают синхроимпульсы по аналоговому каналу 1 на широкополосный измерительный АЦП/ЦАП, одновременно по каналу 2 подается шум ХИП аппаратного генератора. Широкополосный измерительный АЦП/ЦАП передает оцифрованные сигналы синхронизации и шума ХИП подключением по шине USB на ЭВМ (Notebook). Разработанное программное обеспечение формирует видеозумовый кадр из шумов ХИП, параметры синхронизации видеозумового кадра задаются по данным синхроимпульсов маскируемого СВТ, переданных по каналу 1. Сформированный цифровой видеозумовый кадр синхронно с видеокадром маскируемого видеосигнала подается по шине USB на цифровой вход широкополосного измерительного АЦП/ЦАП. С аналогового выхода АЦП/ЦАП сигнал подается на широкополосный усилитель видеодиапазона, к которому подключено воспроизводящее устройство.

Таким образом, сформированные видеозумовые кадры синхронно с кадрами видеосигнала воспроизводятся в канал утечки, что обеспечивает лучшее качество маскирования и исключает ухудшение отношения сигнал/шум (ОСШ) при синхронном накоплении статических кадров видеосигнала.

Исследование защищенности видеосигнала синхронным и адаптивным видеошумовым кадром. Исследовано маскирование синхронными и адаптивными видеошумовыми кадрами, затрудняющими восстановление видеокadra синхронным накоплением, для повышения защищенности видеосигнала.

Энергетический показатель оценки защищенности [7, с. 64] характеризует нормативные параметры по ОСШ. Информативный показатель защищенности характеризует правильный прием сообщения конечным получателем.

Если получателем сигнала является человек, то критерий верности должен выбираться на основе свойств восприятия человеком данного вида сообщения. Так, например, при передаче изображений верность принятия должна строиться на основе психофизиологических свойств зрения [8, с. 45].

Восприятие человеком изображения характеризуется подобием принятого сигнала исходному. Возможность выделения контуров крупноплановых элементов тестового изображения и мелкодетальных определяет правильность приема. Оценку защищенности видеосигнала по информативному параметру определяют по восстановленному видеокдру.

Исследовано количественное изменение защищенности видеокadra методом адаптивного маскирования статическим видеошумовым кадром, реализуемым предложенным средством.

Количественная оценка улучшения находящегося в статике видеокadra к шуму пропорциональна частоте кадров f_v и времени T , т.е. количество накопленных кадров может быть представлено формулой $n = f_v \cdot T$. Улучшение ОСШ при синхронном накоплении зашумленного видеокadra G_p :

$$G_p = \sqrt{n} = \sqrt{f_v \cdot T}. \quad (1)$$

Для адаптивного маскирования видеокadres сформированы по двум каналам видеошумовые кадры, каждый из которых поочередно воспроизводится в КУИ с частотой f_k . Пусть K – количество видеошумовых кадров, воспроизводимых по одному каналу, тогда за время T в КУИ воспроизводится $K \cdot k$ кадров, где k – количество смен видеошумового кадра за время T . Смена видеошумового кадра соответствует переключению канала формирователя, длительность воспроизведения одного видеошумового кадра T_k в КУИ:

$$T_k = \frac{T}{k}. \quad (2)$$

Тогда частота обновления видеошумовых кадров $f_k = \frac{1}{T_k}$.

При накоплении K видеокadres одного канала, которые воспроизводятся за время T_k , улучшение ОСШ не происходит, так как видеошумовой кадр статичен и неизменен в течение периода времени воспроизведения в КУИ, тогда $G_p = \sqrt{f_k \cdot T_k} = 1$.

За время T в КУИ при адаптивном маскировании n информативных видеокadres видеошумовыми кадрами улучшение ОСШ накопленного видеокadra на основании (1) составит

$$G_p = \sqrt{n} = \sqrt{f_k \cdot T_k \cdot k} = \sqrt{k}. \quad (3)$$

Повышение защищенности W при адаптивном маскировании, которое состоит в практическом ограничении накопления видеокadres и улучшении ОСШ, исходя из формул (1)–(3), пропорционально длительности воспроизведения видеошумового кадра в КУИ:

$$W = \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{k}} = \sqrt{\frac{n \cdot T_k}{T}}. \quad (4)$$

Зависимость повышения защищенности W от длительности видеошумового кадра T_k для времени T представлена на рисунке 2.

Накопление видеосигнала, зашумленного динамическим шумом, улучшает ОСШ по сравнению с предложенным видеошумом пропорционально отношению \sqrt{n}/\sqrt{k} , где n – число видеокadres, k – количеством смен шумового видеокadra в течение времени T , что значительно повышает четкость изображения. Маскирование синхронными и адаптивными видеошумовыми кадрами затрудняет восстановление видеокadra синхронным накоплением и улучшает защищенность видеосигнала.

Обозначим G_{p_dyn} зависимость изменения ОСШ накопленного видеокadra при маскировании динамическим шумом n статических видеокadров (1) за время T . Обозначим G_{p_stat} зависимость изменения ОСШ накопленного видеокadra при маскировании статическим видеозумовым кадром с частотой смены видеозумового кадра f_k за время T . Величины $1/G_{p_dyn}$ и $1/G_{p_stat}$ представляют собой изменение защищенности видеокadров при их синхронном накоплении, которое обратно пропорционально улучшению ОСШ при накоплении.

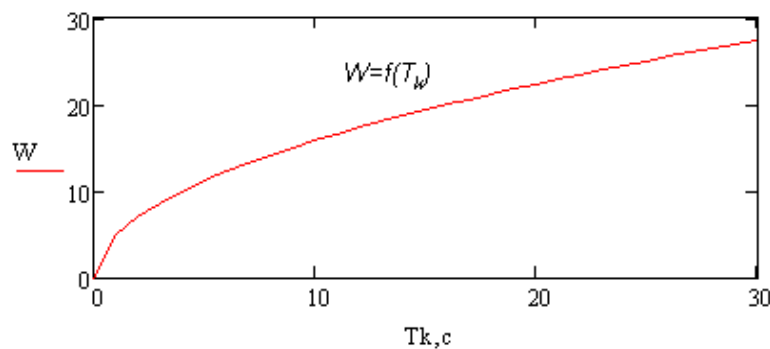


Рисунок 2 – Зависимость защищенности видеосигнала от длительности видеозумового кадра $W = f(T_k)$

На рисунке 3 представлена зависимость изменения защищенности маскируемых видеокadров длительностью 30 с синхронным накоплением при маскировании динамическим шумом и статическими видеозумовыми кадрами длительностью $T_k = 10$ с.

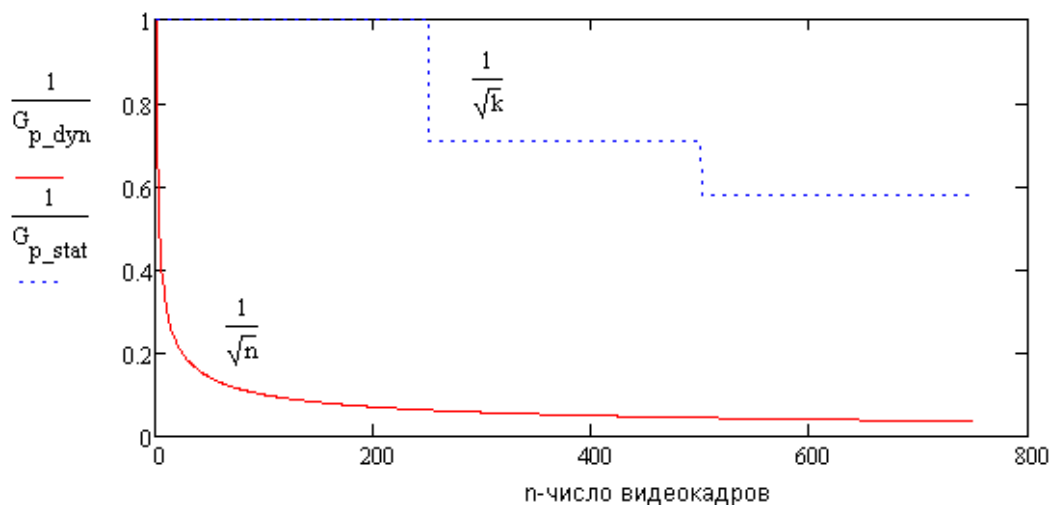


Рисунок 3 – Зависимость защищенности при синхронном накоплении от числа видеокadров (G_{p_dyn} – динамический шум, G_{p_stat} – статический видеозумовой кадр)

Как видно из рисунка 3, защищенность статическими видеокadрами остается неизменной за время воспроизведения одного канала формирователя видеозумовых кадров, защищенность динамическим шумом значительно снизится при синхронном накоплении и асимптотически стремится к нулю.

Исследованная зависимость повышения защищенности при маскировании видеозумовыми кадрами подтверждает представленные результаты экспериментов эффективности маскирования статическими видеозумовыми кадрами ХИП по отношению к динамическому белому шуму [3]. Шум каждого статического видеозумового кадра накапливается синхронно с сигналом, что улучшает защищенность по сравнению с динамическим видеозумом по ОСШ видеокadra пропорционально отношению \sqrt{n}/\sqrt{k} . Так, при накоплении видеосигнала со среднестатистической длительностью 30 с при $n = 1800$ и $k = 1$ защищенность повышается примерно в 42 раза по ОСШ.

Вывод. Предложено формирование видеозумовых кадров [4] из хаотических импульсных последовательностей для обеспечения защищенности видеосигнала от утечки по электромагнитным каналам,

которое реализует метод адаптивного маскирования статических видеокадров систем передачи и средств вычислительной техники формированием статического (неподвижного) видеошумового кадра [3].

Эффективность метода маскирования синхронными и адаптивными видеошумовыми кадрами подтверждена исследованием количественного изменения защищенности видеокадра. Предложенный метод обеспечивает высокое качество маскирования и исключает улучшение ОСШ по сравнению с динамическим пропорционально отношению \sqrt{n}/\sqrt{k} . Исследования подтвердили преимущества маскирования статического видеокадра синхронными видеошумовыми кадрами, которое по сравнению с динамическим шумом не позволяет выделить видеокадр, уменьшает его разборчивость и повышает защищенности видеосигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барков, А.В. Формирование маскирующей помехи для защиты видеосигнала от утечки по техническим каналам / А.В. Барков, В.К. Железняк // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. С. Фундаментальные науки. – 2012. – № 12. – С. 40–45.
2. Барков, А.В. Маскирование RGB-видеокадров синхронным и адаптивным шумовым RGB-видеокадром / А.В. Барков, В.К. Железняк // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. С. Фундаментальные науки. – 2013. – № 12. – С. 2–7.
3. Барков, А.В. Метод маскирования статических и динамических RGB-видеокадров синхронным и адаптивным шумовым RGB-видеокадром / А.В. Барков, В.К. Железняк // Вестник связи. – 2014. – № 1(123). – С. 22–25.
4. Устройство для формирования маскирующей помехи : пат. 19096 Респ. Беларусь, МПК Н 03В 29/00, Н 04К 3/00 / В.К. Железняк, А.В. Барков, С.Н. Абраменко ; дата публ. 19.10.2012.
5. «Гном-3» – генератор шума, стационарный [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.infosec.ru/shop/guard_info/pemin/gnom3.
6. Барков, А.В. Экспериментальное исследование метода адаптивного маскирования видеосигнала от утечки по техническим каналам / А.В. Барков, В.К. Железняк // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. С. Фундаментальные науки. – 2014. – № 4. – С. 18–23.
7. Железняк, В.К. Защита информации от утечки по техническим каналам : учеб. пособие / В.К. Железняк. – СПб. : ГУАП, 2006. – 188 с.
8. Харкевич, А.А. Борьба с помехами / А.А. Харкевич. – 2-е изд., испр. – М. : Наука, 1965. – 275 с.

Поступила 16.03.2016

THE MEANS OF FORMATION VIDEO NOISE FOR VIDEO PROTECTED AGAINST LEAKAGE THROUGH ELECTROMAGNETIC CHANNEL

V. ZHELEZNYAK, A. BARKOV

Proposed means of formation video noise frames of chaotic pulse sequences to ensure security of the video signal from the electromagnetic leakage channels that implements a method of adaptive masking static motion transmission systems and computer aids the formation of a static (stationary) video noise frame. Studied the quantitative change of a video security of the proposed method of adaptive masking video noise static scenes. The effectiveness of the method of masking and synchronous adaptive video noise staff supported by a study of the quantitative changes in the vulnerability of the video frame, the method provides a better quality of mask and eliminates the signal to noise ratio improvement in comparison with the dynamic proportionally \sqrt{n}/\sqrt{k} . Studies have confirmed the benefits of video frame synchronous static masking video noise frames, which in comparison with the dynamic noise does not allow to select a video frame reduces its legibility and improves the security of the video.

Keywords: technical leakage channels, security video signal, clock pulse, masking video, static video frame.